

1 はじめに

ブレインマシンインタフェース (BMI) とは、脳と機械をつなげる技術である。人の脳から思考を読み取り機械を操作する研究が盛んに行われている。例えば、片手がない人のための義手の操作や、健常者の身体能力拡張のための第3の手の操作への活用が考えられる。先行研究では、生来の両手と第3の手の計3つの手のうちどれか1つの手を握る動作についての脳波を計測し、3クラスでのCNNによる脳波分類を行った [1]。結果は、生来の手の分類精度が両手とも約75%で、第3の手の分類精度が約90%であった。第3の手の分類精度が高いことから、第3の手は「実際の手か否か判断されただけ」という疑念が生まれた。そこで、本研究ではどれか1つの手を握る単一課題実行実験を、第3の手に対する単純な相反関係が生まれない状況を想定して、第3の手と生来の手を脳波のみで分類できるか否か調査する。具体的には、第3の手が右側と左側の両方にある場合 (実験1) と、第3の手は1つのまま想像の手を加えた場合 (実験2) を想定して、先行研究で生まれた疑念を解決する。第3の手が左右にあると片方は第4の手と捉えることもできるため、以下では状況に応じて付加手と呼ぶ。想像の手はメタバース利用時のメタバース内の自身の手 (ただし生来の手は動かさない) を想定している。また、生来の手を動かす場合は実手と呼び区別する。

2 付加手が左右にある場合の脳波分類精度

実験1では、右付加手、左付加手、右生来手、左生来手の合計4つの手のうちランダムにどれか1つの手を握る動作を想起したとき、または実際に行ったときの脳波を3秒間計測した。計測した脳波データを、右付加手、左付加手、右生来手の3クラスと、右付加手、左付加手、左生来手の3クラスの組み合わせに分けてCNNで学習を行い、3クラス分類した。生来手と付加手を脳波のみで分類できるか、また生来手が右手の場合と左手の場合で分類精度が変化するか調査した (表1)。どちらの分類も生来手の分類精度よりも付加手の分類精度が高かった。付加手を握ろうとするときは生来手を握るときよりも「念じ」が強く脳波分類しやすくなったと考えられる。第3の手と生来の手を脳波のみで分類できる可能性を示せたと考えている。また、生来手と同じ側の付加手よりも反対側の付加手の分類精度が高いことから、脳波による操作は第3の手よりも義手が適していると考えられる。

3 実手、想像手、付加手での脳波分類精度

実験2では、右実手、右想像手、右付加手の合わせて3つの手のうちランダムにどれか1つの手を握る

表1: 実験1の分類精度

生来手の別	右付加手	左付加手	生来手
右生来手	64%	73%	50%
左生来手	79%	59%	51%

動作を行う、または想起する単一課題実行時の脳波を計測した。計測した脳波データを、以下の4通りのパターンでCNNで学習した。

- 右実手と右想像手と右付加手の3つの手
- 右実手と右想像手の2つの手
- 右実手と右付加手の2つの手
- 右想像手と右付加手の2つの手

テストは、パターンに関わらず3つの手のテスト用脳波データで行った。パターン (a) では3クラス分類が可能か調査し、パターン (b), (c), (d) ではそれぞれの手の類似性について調査した。パターン (a) の結果 (表2) では、3つの手の分類精度にあまり差はなく、3クラス分類が可能であると考えられる。パターン (b), (c), (d) でそれぞれ学習から除外した手が学習の対象にした手のどちらに判定されるか調べた (表3)。右付加手を右実手と判定する確率や右実手を右付加手と判定する確率が低いことから、実手と付加手を脳波のみで分類することは可能だろうと考えられる。また、想像手が実手と付加手の特徴を両方持っている可能性や、想像手が実手を包含している可能性も考えられる。

表2: 実験2パターン (a) の分類精度

	右実手	右想像手	右付加手
正答率	63%	59%	66%

表3: 実験2パターン (b), (c), (d) での判定率

判定	右実手	右想像手	右付加手
正解			
(b) 右付加手	22%	78%	-
(c) 右想像手	58%	-	42%
(d) 右実手	-	79%	21%

4 まとめ

本研究では、第3の手に対する単純な相反関係が生まれない状況を想定して、第3の手と生来の手を脳波のみで分類できる可能性を示せたと考えている。今後は、分類精度を高めるためにデータ数を増やしたり、複数人での実験を行い実験参加者の違いによる分類精度の違いも確認したい。

参考文献

- [1] 今村一貴, “BMIによる第3の手制御実現のための単一課題実行時における生来の手との脳波分類”, 2022年度名古屋工業大学卒業論文, 2023